



Experimento 3: Ultrasonidos

Objetivo:

Estudiar propiedades y fenomenología asociada a ondas ultrasónicas.

Materiales:

- Par de transductores ultrasónicos: emisor y detector.
- Osciloscopio.
- Brazo articulado con transportador.
- Regla.
- Red de difracción para ultrasonidos.
- Papel milimetrado.

Introducción:

El ultrasonido corresponde a un rango de ondas acústicas imperceptibles al oído humano. Dado el umbral de frecuencia audible, el ultrasonido tiene frecuencia s mayor a 20 kHz, por lo que en aire su longitud de onda menor a un par de milímetros.

En este experimento se utilizara un emisor de ondas ultrasónicas. En el desarrollo del mismo se caracterizará el emisor y usará su capacidad de generar pulsos cortos de ultrasonido para medir la velocidad de propagación de éstos en el aire. Adicionalmente se investigará la interacción del ultrasonido con superficies planas, y se caracterizarán fenómenos asociados a las propiedades de ondas, particularmente interferencia y difracción.

Montaje Experimental:

Usando soportes, fije la posición del emisor y receptor, de modo que se encuentre alineados a lo largo de una recta. Conecte mediante cable coaxial el detector y el emisor a entradas del osciloscopio, como indica la figura 1.

Encienda el osciloscopio y seleccione una amplitud de señal en el rango de 20 mV/div y una escala temporal de 1 μ s/div.

Ajuste la perilla de sensibilidad del amplificador, la amplificación y base de tiempo, para que en estas condiciones de operación, la pantalla del osciloscopio muestre una señal como la

de la figura 2. El pulso cuadrado inicial corresponde a una señal de referencia para la emisión del pulso de ultrasonido que se observa con posterioridad. El tiempo transcurrido entre el inicio del pulso cuadrado y el inicio del pulso de ultrasonido corresponde al tiempo que demora el ultrasonido en viajar desde el emisor hasta el detector.

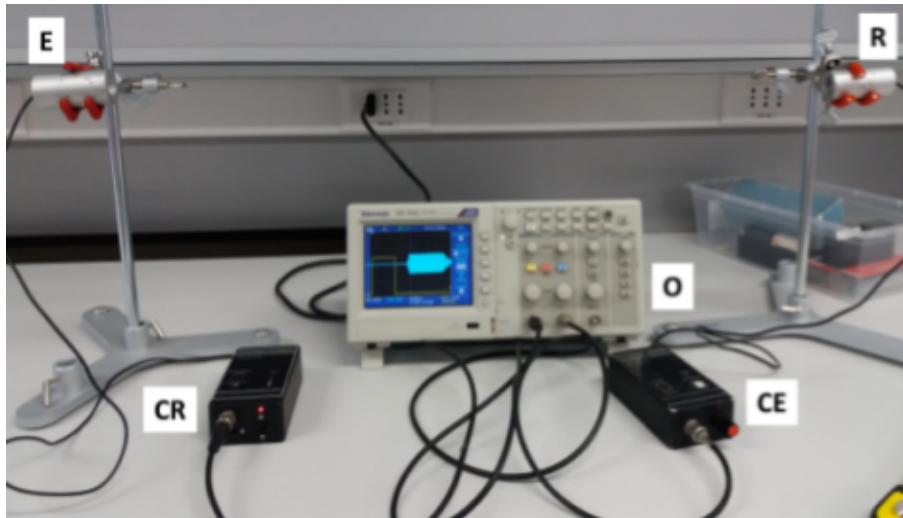


Figura 1: Montaje experimental. E: emisor de ultrasonidos, R: receptor de ultrasonidos, CR: controlador de emisor, CE: controlador de receptor, O: osciloscopio

Cambie la escala de tiempo en el osciloscopio de modo tal que pueda determinar la frecuencia del ultrasonido generado por el emisor.

Procedimiento Experimental:

Determinación de la velocidad del sonido:

1. Ubique el generador y detector de ultrasonido uno frente a otro, separados una distancia del orden de 1 m, como muestra la figura 1.
2. Conecte el amplificador de detector de ultrasonido y el generador de señal de ultrasonido al osciloscopio.
3. Encienda el emisor de ultrasonido seleccionando modo pulsado. Encienda el amplificador del detector.
4. Ajuste la perilla de sensibilidad del amplificador, la amplificación y base de tiempo, para que en estas condiciones de operación, la pantalla del osciloscopio muestre una señal como la de la figura 2.

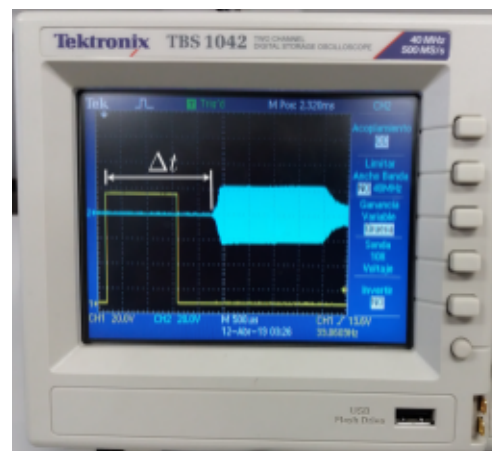


Figura 2: Señales en pantalla del osciloscopio. Pulso de referencia generado por el emisor y señal acústica detectada por el receptor.

- Repita los pasos anteriores para distintas distancias entre el emisor y el receptor registrando para cada caso el intervalo de tiempo Δt , que muestra la figura 2.
- Usando este método de medición, construya un gráfico Δr vs Δt , donde Δr es la distancia entre el emisor y receptor, y determine a partir del gráfico la velocidad de propagación del sonido.
- Compare la velocidad obtenida experimentalmente con la teórica para el aire en condiciones normales.

Reflexión de Ultrasonidos:

- Arme el montaje que se muestra en la figura 3, donde L representa una superficie metálica y P es una pantalla, de algún material como plumavit o cartón, que tiene por objeto impedir la llegada de ultrasonido directamente del emisor al receptor, sin incidir sobre la superficie reflectante.
- Ponga el emisor en modo continuo y coloque el Trigger interno del osciloscopio.
- Con las posiciones del emisor fija, en un ángulo entre la dirección de la onda incidente y la normal a la superficie de la placa, gire el detector, siguiendo un arco de circunferencia (ver figura 3), registrando el ángulo para el cual la intensidad de ultrasonido que mide el osciloscopio resulta máxima.
- Estime la incerteza angular en la determinación del máximo.
- Construya una tabla y un gráfico de θ_i vs θ_{max} , para $10^\circ \leq \theta_i \leq 80^\circ$.

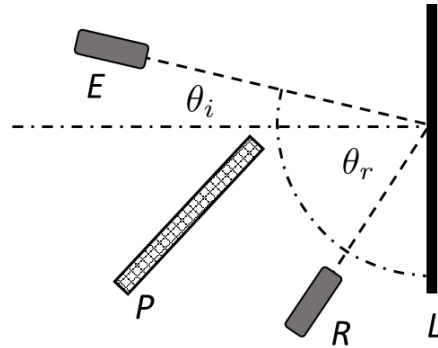


Figura 3: Montaje experimental para estudiar reflexión de pulsos de ultrasonido.

Interferencia de Ultrasonidos:

- Coloque el emisor apuntando en algún ángulo incidente a la lámina metálica, con el fin de superponer la onda emitida y la onda reflejada, luego coloque el detector donde pueda recibir la señal de ambas ondas.
- Desplazando el detector a través de un círculo mida con el osciloscopio la distribución angular de intensidad asociada a interferencia entre el ultrasonido directo y el reflejado, como muestra esquemáticamente la figura 4.
- Para los parámetros espaciales definidos en la figura 4 considere que máximos de intensidad están determinados por la condición

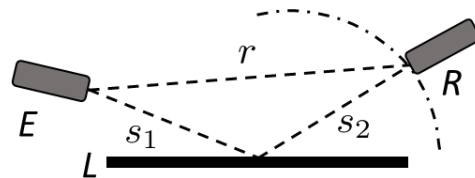


Figura 4: Montaje experimental para estudiar interferencia de pulsos de ultrasonido.

$$s_1 + s_2 - r = n\lambda \quad (1)$$

con $n = 0, 1, 2, \dots$

4. Grafique y discuta el resultado obtenido.

Difracción de Ultrasonidos Cuando un frente espacialmente uniforme y monocromático de ondas incide sobre una apertura de dimensiones comparables a la longitud de onda, se puede apreciar efectos de difracción. Estos consisten básicamente en que al otro lado de la apertura se produce una distribución espacial bien definida de máximos y mínimos de intensidad de onda.

Si el frente de onda, con longitud de onda λ incide sobre una apertura que consiste de un par de rendijas largas y angostas, separadas a una distancia d , la distribución angular de máximos de intensidad al otro lado de las rendijas, para una aproximación de onda plana incidente, está dada por:

$$n\lambda = d[\sin(\theta_i) \pm \sin(\theta_r)] \quad (2)$$

donde θ_i es el ángulo de incidencia, θ_r es el ángulo de reflexión, y $n = 1, 2, 3, \dots$ representa cada uno de los máximos sucesivos, a partir del máximo central.

El Experimento:

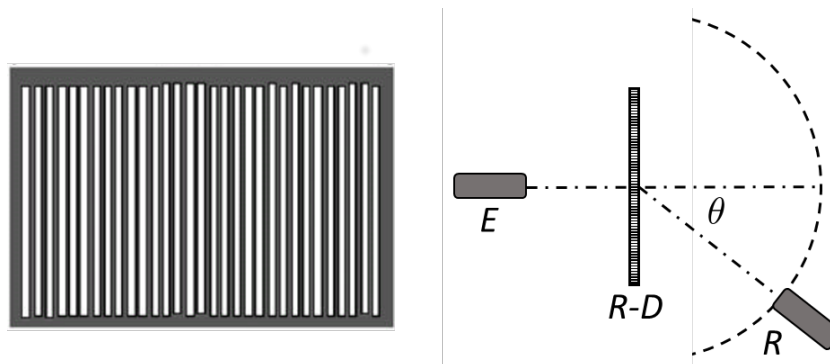


Figura 5: Red de difracción y montaje experimental para estudiar difracción de ultrasonidos.

1. La red de difracción para ultrasonidos consiste en una placa de cartón en la que se cortaron rendijas de 1 cm de ancho, con idéntica separación $d = 2$ cm.
2. Coloque el emisor a una distancia de la red de difracción donde se cumpla la aproximación de onda plana, con $\theta_i = 0$.
3. Mida la intensidad al otro lado, desplazando el receptor en forma circular como se muestra en la figura 5, colocando el receptor a una distancia donde se cumpla la aproximación de Fraunhofer. En este caso la aproximación de Fraunhofer significa que la distancia entre la red de difracción y el receptor debe ser mucho más grande que el ancho de las rendijas.
4. Con los datos obtenidos construya un gráfico A (amplitud de la presión relativa) vs $\sin(\theta_i)$.

Análisis y Discusión de Resultados

Para cada actividad:

1. Construya una curva de distancia vs tiempo para calcular la velocidad de fase del sonido. Compare la velocidad de fase del sonido obtenida de manera experimental con la velocidad de fase del sonido existente en la literatura y con el valor teórico de la misma.
2. Estudie el gráfico de θ_i vs θ_{max} , para $10^\circ \leq \theta_i \leq 80^\circ$, calculando errores de medición.
3. Haga un calculo teórico para obtener el perfil de interferencia y compárelo con los resultados obtenidos en el experimento.
4. Compare los resultados experimentales con la formula teórica.

Posibles Experimentos Adicionales:

1. Difracción de ondas en bordes: utilizando una placa sólida o algún similar, usted puede estudiar el fenómeno de difracción de ondas en bordes. Esto implica usar un montaje como el que muestra la figura 6.
2. Difracción por una apertura cuadrada: usando una placa con una apertura cuadrada y rectangular de dimensiones del orden de la longitud de onda del ultrasonido, como muestra la fogura 7, usted puede estudiar la distribución de intensidad sobre un plano paralelo al de la apertura. Una condición importante en el montaje es que las distancias del emisor y receptor a la placa sean grandes comparadas con la longitud de onda del ultrasonido.

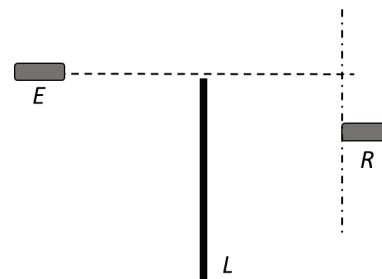


Figura 6: Montaje experimental para estudiar difracción de ultrasonidos por un borde.

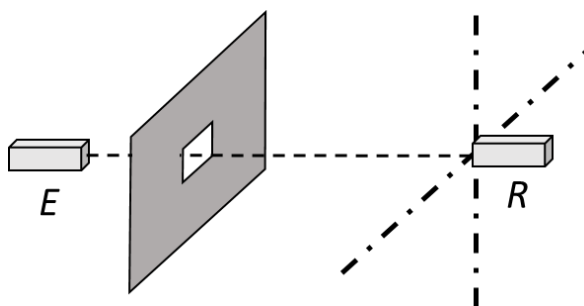


Figura 7: Montaje experimental para estudiar difracción de ultrasonidos por una apertura cuadrada o rectangular.